张掖市新型城镇化与生态安全耦合协调发展研究①

唐志强， 秦 娜

（1 复旦—甘肃丝绸之路经济带协同发展研究院，甘肃 张掖 734000；
2 河西走廊生态经济研究中心，甘肃 张掖 734000）

摘 要： 甘肃省张掖市地处我国西北干旱区，该地区属于内陆河流域绿洲城市，生态环境极其脆弱，研究其新型城镇化与生态安全耦合协调发展问题显得尤为重要。通过借鉴国内外城镇化与生态环境耦合协调发展现有的研究成果，以2005—2017年张掖市统计数据为依据，建立综合评价指标体系，运用熵权法求各项指标权重，设立了耦合协调度模型，测算新型城镇化与生态安全耦合协调发展的综合指数，来表征该区域的耦合关系。结果表明：13 a间系统由低水平耦合协调——拮抗时期——磨合阶段——高水平耦合发展。新型城镇化发展水平基本保持稳步上升的态势；而生态环境综合水平尽管总趋势是向好发展，以2011年为拐点明显波动。新型城镇化与生态安全的耦合协调度持续向好，2012年达到峰值后一直保持在大于0.9的耦合协调度极高水平。最后就提出促进该城市新型城镇化与生态安全耦合协调发展的政策建议。

关 键 词： 新型城镇化；生态安全；耦合协调；张掖市

文章编号

"耦合"源于物理学当中，用于描述系统中两个或多个变量之间彼此作用并相互影响的现象和动态关联关系[1]。耦合度反应系统相互影响的程度，耦合协调度是系统间相互影响的和谐程度[2]。新型城镇化和生态安全两大系统通过某种方式相互联系、相互影响，是自然、社会、经济的复合体，随着城镇化进程的推进，生态环境也会发生显著变化，对城市可持续发展会产生明显影响[3]。正因如此，学界对生态脆弱地区城市化发展与生态环境二者的关系研究一直比较关注。对现有研究进行梳理，张胜武等[4]将城镇化和生态环境耦合机制的分析视角聚焦于干旱区流域尺度上。同时，也有学者提出"城市复合系统观"，如郑德凤等[5]、马世骏等[6]认为，城镇化与生态环境耦合系统是多维的、动态的。还有学者提出"多尺度耦合"，如CHANS[7-8]解释了耦合系统的复杂行为特征和演化机制。综上，城镇化与生态环境耦合系统作为一个开放的复杂巨系统[9]，即相互关联又不是"一对一"关系，各要素之间存在复杂的非线性联系，对特殊地区的耦合过程进行模拟与调控，将城市发展和生态环境分成若干子系统进行耦合分析，特别是对于干旱区绿洲等特殊生态脆弱区在水资源相对匮乏的约束下，生态环境问题十分突出，城镇化与生态安全作为处理人地关系的关键，直接关系到区域可持续发展，二者耦合协调发展成为必然选择。因此，针对内陆河流域的甘肃省张掖市，研究新型城镇化与生态安全两大系统的耦合协调问题具有重要的学术价值。

在推进新型城镇化建设过程中，生态安全是其健康发展的内在要求和持续动力[10]。生态安全是个较复杂的宏观概念，随外界环境的变化而动态发展。对于中国西北干旱区绿洲地区的甘肃省张掖市来说，具有西北内陆干旱城市的典型生态特征，对其新型城市化与生态环境进行定量分析评价，科学呈现发展现状，揭示二者发展变化过程中存在的一些问题，进而分析出其原因，提出有针对性、建设性的对策，从而为西北干旱地区绿洲城市的可持续发展和建设提供科学决策的理论依据。具有一定的理论和现实意义[11]。

① **收稿日期：** 2019-08-21； **修订日期：** 2020-04-29
基金项目： 国家社科基金项目（17BJL050）；甘肃省教育厅战略研究项目（2018F-31）资助
作者简介： 唐志强（1972-），甘肃古浪人，博士，河西学院经济管理学院教授，研究方向为生态经济. E-mail：tzhq001@163.com

1 研究区概况

甘肃省张掖市位于我国西北内陆干旱地区，属大陆性气候，年平均气温 6 ℃，干燥少雨；地处甘肃省的西北部，河西走廊的中段，地理位置为 100°27′21″E, 38°56′11″N；总面积面积 40 874 km^2，人口 1.29×10^6，是古代“丝绸之路”上重要节点城市，也是商贾云集的重镇。张掖南枕祁连山，北依合黎山、龙首山，境内地势平坦，我国第二大内陆河——黑河贯穿张掖全境，产生巨大的生态作用，绿洲农业较为发达。近年来，张掖市在“生态立市”思想的指导下，依托祁连山与黑河湿地两个国家级自然保护区的资源禀赋，统筹规划全市经济社会的发展，在生态城市建设方面取得了较好的成果。

2 数据来源与指标体系建立

2.1 数据来源

基于数据的可获得性和实际研究的需要，本文的数据主要来源于 2005—2017 年的《张掖统计年鉴》、中国统计年鉴。

2.2 指标选取

由于城镇化和生态环境分别都处于一个较为复杂的系统当中，二者相互影响并相互作用，任何一个单一指标因子都很难客观并实际的反映出城镇化的发展水平或者生态环境的变化状况。为了能够较为全面、真实的反应客观情况，综合借鉴已有研究方法，本文采用复合指标法[12]来构建张掖市城镇化和生态安全评价指标体系。

2.2.1 新型城镇化水平综合测度指标 目前国内外关于城镇化水平测度的指标有很多，分别是基于不同侧面和研究目的构建的，在不同的指标体系下结果各异。结合西北干旱区特殊的自然地理特点，本文遵循系统性、动态性、典型性、可操作性原则，从人口、经济、社会、空间等多方面综合考虑，旨在建立一个能客观、全面反映张掖市新型城镇化水平的综合指标体系[13]。因此，根据研究内容的需要选取 4 个一级指标，23 个二级指标[14-15]，最终组成张掖市新型城镇化水平综合测度指标，指标体系见表 1。

2.2.2 生态安全综合测度指标 近年来对生态安全的关注和测度反映了人类社会把自然界当成为人类无偿和无限提供资源及服务的传统观念的转变，是一种新型的人与自然和谐共生关系，是有利于可持续发展的、健康安全的生态环境。然而生态安全是一个综合复杂的大系统，在对生态安全进行评价时，所选取的指标应真实全面地反映人类生存的生态环境压力变化或状态变化。区域生态安全不能用任何单一的生态环境因子加以正确、客观的表征，应该全面的考虑生态环境的影响因子。借鉴已有研究成果，本文根据 PSR 模型及其原理[16]，从生态环境水平、生态环境压力和生态环境保护三个方面来综合分析张掖市生态安全状况，具体指标体系见表 2。

表 1 2005—2017 年张掖市新型城镇化水平综合测度指标

Tab. 1 Comprehensive measurement index of new type urbanization level in Zhangye City in 2005 – 2017

总目标	一级指标	二级指标	指标
新型城镇化指标体系	人口指标	城镇人口 / 10^4 人	X_1
		城镇人口比重 / %	X_2
		城镇就业人口比重 / %	X_3
		城镇登记失业率 / %	X_4
		人口自然增长率 / %	X_5
	经济指标	人均 GDP / 10^4 元·人$^{-1}$	X_6
		第三产业占 GDP 的比重 / %	X_7
		财政总收入 / 10^4 元	X_8
		社会固定资产投资额 / 10^4 元	X_9
		旅游收入 / 10^4 元	X_{10}
		城镇居民可支配收入 / 元	X_{11}
		城镇居民消费水平 / 元	X_{12}
	社会进步指标	万人拥有公交运营车辆 / 辆	X_{13}
		卫生机构床位数 / 张	X_{14}
		旅游人数 / 10^4 人·次$^{-1}$	X_{15}
		高等在校学生人数 / 人	X_{16}
		全年社会消费品零售总额 / 10^4 元	X_{17}
		科教支出占 GDP 比重 / %	X_{18}
		星级饭店数 / 个	X_{19}
	空间指标	人均拥有城市道路面积 / m^2	X_{20}
		城市建成区面积 / km^2	X_{21}
		城市人口密度 / 人·km^{-2}	X_{22}
		城市道路长度 / km	X_{23}

3 新型城镇化与生态安全水平评价

3.1 数据标准化

评价指标体系确定后，由于各个指标的单位不统一，没有可比性，直接评判是不科学的，因此为了使数据标准化，必须进行无量纲化处理。评价指标有正向及负向两种类型（即正面影响与负面影响），统一至（0～1）便于计算。

表 2　2005—2017 年张掖市生态安全综合测度指标

Tab. 2　Comprehensive measurement index of ecological security in Zhangye City in 2005－2017

总目标	一级指标	二级指标	指标
生态安全指标体系	水平	全年供水总量/10^4 t	Y_1
		建成区绿化覆盖率 / %	Y_2
		森林覆盖率 / %	Y_3
		人均拥有公园绿地面积 / m^2	Y_4
		城市燃气普及率 / %	Y_5
		城市用水普及率 / %	Y_6
	压力	工业污水排放量 / 10^4 t	Y_7
		工业废气排放总量 / 10^9 m^3	Y_8
		工业固体废物产生量量 / 10^4 t	Y_9
		二氧化硫排放量 / 10^4 t	Y_{10}
		烟粉尘排放量 / 10^4 t	Y_{11}
	保护	环境投资占 GDP 的比重 / %	Y_{12}
		工业污水处理率 / %	Y_{13}
		饮用水源水质达标率 / %	Y_{14}
		工业固体废物综合利用率 / %	Y_{15}
		空气质量达到及好于二级的天数 / d	Y_{16}

当指标为正时,指标数据越大越好,其标准化公式如下:

$$u_{ij}=\frac{x_{ij}-\min(x_{1j}\cdots x_{mj})}{\max(x_{1j}\cdots x_{mj})-\min(x_{1j}\cdots x_{mj})} \quad (1)$$

当指标为逆时,指标数据越小越好,其标准化公式如下:

$$u_{ij}=\frac{\max(x_{1j}\cdots x_{mj})-x_{ij}}{\max(x_{1j}\cdots x_{mj})-\min(x_{1j}\cdots x_{mj})} \quad (2)$$

本文以张掖市 2005—2017 年间的 13 a 年鉴数据和调查数据为样本,运用熵权法进行纵向分析研究[17],计算出张掖市新型城镇化与生态安全评价体系各级指标的权重。

3.2　指标权重计算

确定指标权重的方法有许多种,本文采用客观赋值的熵权法来确定权重,熵权法确定权重的原则是:指标数据的离散程度越大,信息熵越小,其提供的信息量越大,则指标对综合评价的影响越大,其权重也就越大。

经过无钢化处理的数据均在[0,1]区间内,经过处理后,无论是对正负指标还是适度指标,所得到的 r_{ij}均是越大越好,他们将组成标准化的评价矩阵:

$$R=\begin{matrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{matrix} \quad (3)$$

熵是信息讨论中用于测度不确定性的量,反映系统失序现象,熵值与指标包含的信息量成反比。本研究主要是通过计算各指标的信息熵值和效用值,进而确定各指标的权重。具体分为四个步骤计算指标权重:

第一, 计算第 i 年份第 j 项指标值的比重,其计算公式为:

$$P_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}x_{ij}} \quad (4)$$

第二, 计算第 i 年份第 j 项指标值的信息熵,其计算公式为:

$$e_j=-\frac{1}{Inm}\sum_{i=1}^{m}P_{ij}InP_{ij} \quad (5)$$

第三, 计算第 i 年份第 j 项指标值的效用值,其计算公式为:

$$d_j=1-e_j \quad (6)$$

第四, 计算第 i 年份第 j 项指标值的权重,其计算公式为:

$$w_j=\frac{d_j}{\sum_{i=1}^{m}d_j} \quad (7)$$

通过计算得出张掖市 2005—2017 年新型城镇化指标权重值见表 3 和表 4。

3.3　综合水平指数模型及分析

城镇化的发展测度与生态安全水平均可用综合水平指数来表示[18]。借鉴已有的研究成果基础上,计算张掖市新型城镇化与生态安全综合评价计算结果,见表 5 和表 6。

$$U(x)=\sum_{i=1}^{n}w_ix_i \quad (8)$$

$$E(y)=\sum_{j=1}^{n}w_jx_j \quad (9)$$

式中:i 为城镇化系统的指标数量;x_i 为城镇化系统中指标的标准化数值;w_i 为指标的权重,由此函数计算城市化综合水平 $U(x)$,U 值越高,表明城镇化状况越好;反之,则表明城镇化状况越差。j 为生态安全系统的指标数量;x_j 为生态安全系统中指标的标准化数值;w_j 为指标的权重,由此函数计算的生态安全综合水平 $E(y)$,E 值越高,表明生态安全状况越好;反之,则表明生态安全状况越差。

根据表 5 计算的张掖市新型城镇化各个子系统评价指数,绘制出张掖市 2005—2017 年新型城镇化各子系统的发展水平时间序列折线图 1。

表 3　2005—2017 年张掖市新型城镇化指标权重值

Tab. 3　Weight value and index of new type urbanization in Zhangye City in 2005 – 2017

一级指标	权重	指标	熵值	权重	一级指标	权重	指标	熵值	权重
人口城镇化	0.157	X_1	0.863	0.045	社会城镇化	0.283	X_{13}	0.930	0.023
		X_2	0.850	0.049			X_{14}	0.897	0.034
		X_3	0.917	0.027			X_{15}	0.702	0.098
		X_4	0.940	0.020			X_{16}	0.940	0.020
		X_5	0.951	0.016			X_{17}	0.898	0.034
经济城镇化	0.393	X_6	0.887	0.037			X_{18}	0.941	0.019
		X_7	0.772	0.075			X_{19}	0.830	0.056
		X_8	0.851	0.049	空间城镇化	0.168	X_{20}	0.827	0.057
		X_9	0.853	0.048			X_{21}	0.814	0.061
		X_{10}	0.691	0.101			X_{22}	0.940	0.020
		X_{11}	0.851	0.049			X_{23}	0.909	0.030
		X_{12}	0.898	0.033					

表 4　2005—2017 年张掖市生态安全指标权重值

Tab. 4　Weight value and index of ecological environment in Zhangye City in 2005 – 2017

一级指标	权重	指标	熵值	权重	一级指标	权重	指标	熵值	权重
生态环境水平	0.331	Y_1	0.884	0.072			Y_9	0.784	0.134
		Y_2	0.880	0.075			Y_{10}	0.745	0.158
		Y_3	0.877	0.076			Y_{11}	0.919	0.050
		Y_4	0.943	0.035	生态环境保护	0.204	Y_{12}	0.894	0.066
		Y_5	0.945	0.034			Y_{13}	0.933	0.042
		Y_6	0.938	0.038			Y_{14}	0.969	0.019
生态环境压力	0.465	Y_7	0.902	0.061			Y_{15}	0.948	0.032
		Y_8	0.901	0.062			Y_{16}	0.928	0.045

表 5　2005—2017 年张掖市新型城镇化指标综合水平

Tab. 5　Comprehensive level index of new type urbanization in Zhangye City in 2005 – 2017

城镇化指标	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
人口	0.018	0.031	0.038	0.035	0.041	0.039	0.054	0.074	0.096	0.104	0.119	0.137	0.151
经济	0.003	0.015	0.021	0.032	0.047	0.070	0.095	0.131	0.186	0.227	0.279	0.341	0.376
社会	0.008	0.015	0.034	0.062	0.061	0.091	0.121	0.140	0.163	0.176	0.222	0.252	0.247
空间	0.008	0.009	0.022	0.026	0.034	0.045	0.057	0.067	0.110	0.143	0.137	0.154	0.153
综合	0.028	0.070	0.114	0.155	0.183	0.246	0.327	0.412	0.555	0.651	0.758	0.885	0.928

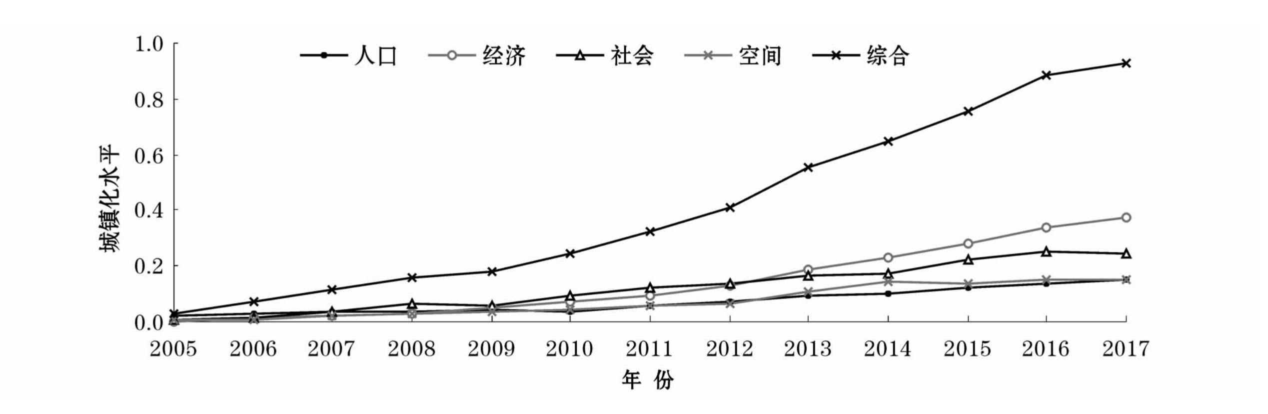


图 1　2005—2017 年张掖市新型城镇化各子系统综合水平

Fig. 1　Comprehensive level of all new type urbanization subsystems in Zhangye City in 2005 – 2017

从图 1 中看出 2005—2017 年张掖市新型城镇化发展速度呈现出不断上升的趋势,这主要是在国家宏观政策的指导下,张掖市政府也把加快新型城镇化发展进程作为一项重大的地区发展战略。新型城镇化战略实施以来,张掖市新型城镇化由低水平发展阶段进入到快速发展的阶段,经济迅速发展,基础设施趋于完善,城镇人口不断增多,城市化率逐年提高,医疗卫生水平和居民文化素质也不断提升,提高了生活质量。

根据表 6 计算所得的张掖市生态安全各个子系统评价指数,绘制出张掖市 2005—2017 年生态安全各子系统的发展水平时间序列折线图 2。

表 6　2005—2017 年张掖市生态安全指标综合水平

Tab. 6　Comprehensive level index of ecological environment in Zhangye City in 2005 – 2017

生态安全指标	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
水平	0.032	0.041	0.095	0.073	0.140	0.220	0.212	0.244	0.251	0.280	0.303	0.271	0.286
压力	0.363	0.415	0.412	0.400	0.363	0.262	0.053	0.045	0.050	0.072	0.034	0.311	0.350
保护	0.092	0.128	0.109	0.124	0.118	0.116	0.132	0.101	0.139	0.161	0.191	0.157	0.157
综合	0.487	0.583	0.617	0.597	0.622	0.599	0.397	0.390	0.440	0.513	0.527	0.739	0.794

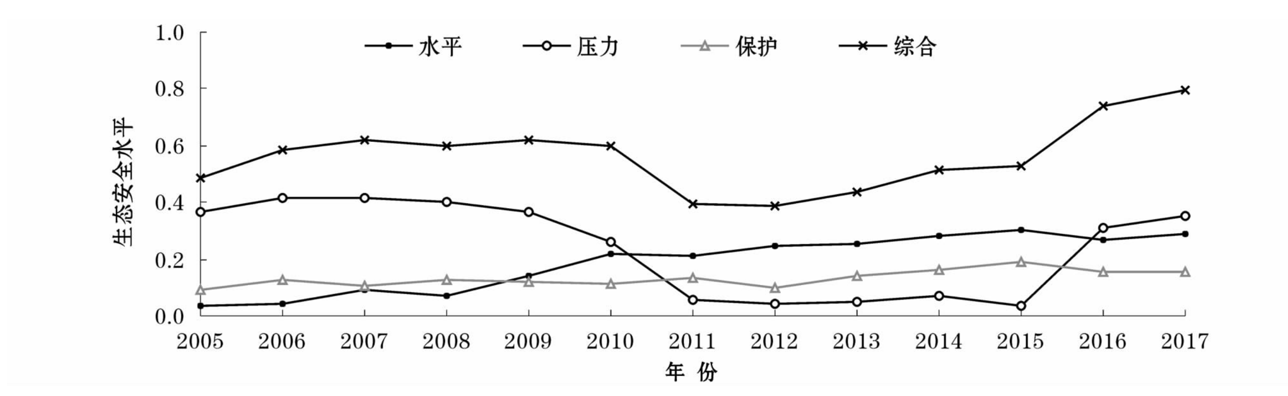


图 2　2005—2017 年张掖市生态安全各子系统综合水平

Fig. 2　Comprehensive level index of ecological security in Zhangye City in 2005 – 2017

从图 2 中可以看出张掖市生态环境水平指数逐年上升,生态环境压力和生态环境保护指数呈波动上升趋势,由此看出伴随着城市化的推进,张掖市生态安全面临的压力还是十分巨大的。

通过表 5 和表 6 绘制的张掖市 2005—2017 年新型城镇化与生态安全综合发展水平两大系统的时间序列变化折线图中,可以看出张掖市新型城镇化发展水平呈现逐年上升的趋势。

2012 年之前,张掖市生态安全综合水平整体高于城镇化发展水平,这是总的判断。生态安全整体水平高于城镇化发展水平,虽然在此期间城镇化水平呈现稳步向上发展的态势。但在 2012 年,生态安全水平出现一个拐点,低于城镇化水平。此后的 5 a 间,新型城市化综合水平出现高于生态安全综合水平,并和城镇化一起开始上升发展,发展速率也基本相同,这与城镇化与生态环境发展的规律是相吻合的。

4　耦合协调度模型估算及态势分析

4.1　耦合度计算

为了反映两个系统的协调发展水平,本研究在借鉴物理学研究的基础上,采用容量耦合概念和容量耦合系数构建新型城镇化与生态安全的耦合度模型[19-20]。其计算公式如下:

$$C = \left[\frac{u_1 u_2}{\left(\frac{u_1 + u_2}{2}\right)}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{10}$$

借鉴廖重斌的研究[21],建立耦合协调度模型,计算公式为:

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{11}$$

$$T = Af(x) + Bf(y) \tag{12}$$

式中:T 为协调指数;C 表示耦合度;u_1 是新型城镇化综合指数值;u_2 为生态安全综合指数值,取值范围 0 到 1;A 和 B 为待定系数,一般取值为 $A = B = 0.5$;D 表示耦合协调度,反映新型城镇化与生态安全综合效益最大时,两者的协调程度。假设,当 $C = 0$ 时,表明城镇化发展与生态环境无关联,耦合度最小;而当 $C = 1$ 时,表明耦合度最佳。

通过计算,根据已经得出的新型城镇化综合评价指数、生态安全综合评价指数,利用公式(11)得出张掖市新型城镇化同生态安全的耦合协调度(表 7)。

并绘制出张掖市 2005—2017 年新型城镇化与生态安全综合指数以及耦合协调度折线图,结果见图 3。

表 7　2005—2017 年张掖市新型城镇化与生态安全耦合协调度

Tab. 7　Coupling coordination of new type urbanization and ecological security in Zhangye City in 2005 – 2017

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
城镇化综合度	0.028	0.070	0.114	0.155	0.183	0.246	0.327	0.412	0.555	0.651	0.758	0.885	0.928
生态安全综合度	0.487	0.583	0.617	0.597	0.622	0.599	0.397	0.390	0.440	0.513	0.527	0.739	0.794
耦合协调度	0.457	0.619	0.726	0.810	0.838	0.909	0.995	1.000	0.993	0.993	0.984	0.996	0.997

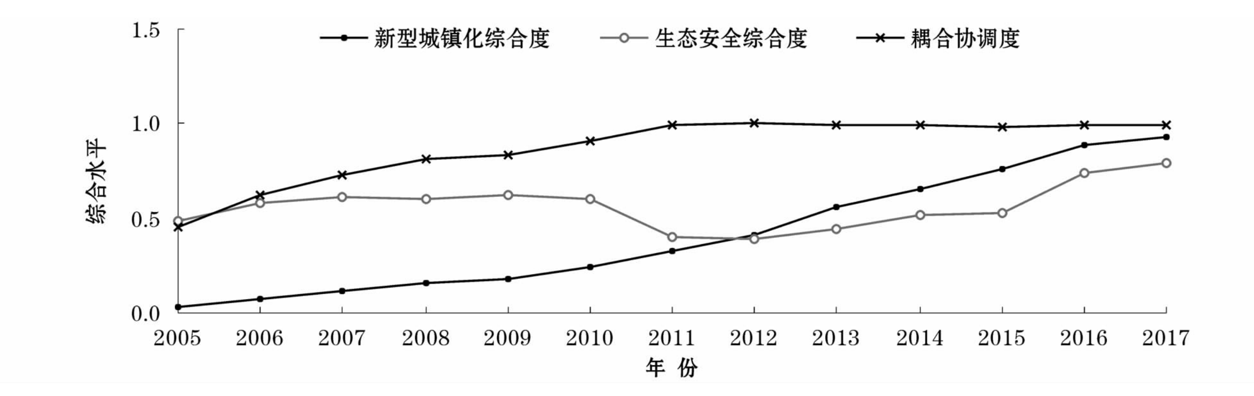


图 3　2005—2017 年张掖市新型城镇化与生态安全耦合协调度

Fig. 3　Degree of coupling coordination of new type urbanization and ecological security in Zhangye in 2005 – 2017

本文采用传统的耦合协调度评判标准,将耦合度状态分为 5 个级别[22],具体结果见表 8。

表 8　新型城镇化与生态安全系统耦合协调度(D)的划分及阶段特征

Tab. 8　Division and stage characteristics of coupling coordination degree (D) between new type urbanization and ecological environment system

耦合协调度类型	D 值区间	发展特点
耦合协调度为 0	$D = 0.0$	系统走向无序发展,系统之间无关联影响
耦合协调度极低	$0.0 < D < 0.6$	生态环境破坏较低,基本承载城市化发展
抗拒阶段	$0.6 < D < 0.7$	生态环境逐渐破坏,承载城市化发展变弱
磨合阶段	$0.7 < D < 0.9$	城镇发展修复生态,系统进入良性耦合期
耦合协调度极高	$0.9 < D < 1.0$	系统走向有序发展,系统之间关联度密切

4.2　结果分析

(1) 2005—2007 年:耦合协调度极低——磨合阶段。2005 年以来,农业人口向非农人口转移有序推进,非农人口享受着城镇的文明与进步,极大的带动了农村人口向城镇转移,推动城镇化进程。然而,由于张掖市城镇化建设起点较低,城市发展缓慢,长期以来城市化水平一直低于全国平均水平。在此期间,城镇化发展总体仍处于滞后的状态,由于产业结构的不合理,城镇人口的聚集,城镇化的快速发展加大了对脆弱的生态环境依赖,与此同时,生态环境对城镇化的制约与负反馈也日益突出。根据统计分析,张掖的城镇化与生态环境由不可调和(耦合协调度极低:0.457)到勉强调和(抗拒阶段:0.619),然后逐渐向基本调和过渡(磨合阶段:0.726)。

(2) 2008—2012 年:拮抗阶段——耦合协调度极高阶段。2011 年张掖市城镇人口比重由原来

2005 年的 33.5% 上升至 45.76% ,这一阶段的过渡特征表现得尤为突出,可以看出张掖市已经进入了城镇化快速发展的中期阶段。这期间我国将生态文明建设与经济建设、政治建设、文化建设和社会建设纳入到新时期中国特色社会主义的建设总布局之中,使生态环境建设步入法治化、制度化管理轨道,为张掖生态安全屏障建设提供了有力的政策引领和制度保障。在此期间,张掖市依托立体交通枢纽,大力发展商贸流通业和生态旅游业,促进了城市化水平的提升,居民生活环境得到较大改观,城镇聚集能力和生态综合承载能力明显提升。这一时期张掖市城镇化与生态环境之间由基本调和(磨合阶段:0.810)发展至最好水平(耦合协调度极高阶段:1.000)。

(3) 2013—2017 年:基本稳定保持在耦合协调度极高阶段。随着新型城镇化战略进程的推进,“五位一体”的发展理念被人们普遍接受,城镇化建设的物质消费需求和资源环境基础得到了较好的解决,人口、经济、资源与生态环境协调的问题和矛盾得到缓解。当然,毋庸置疑,生态城市的建设与生态环境的治理,污染治理技术水平的提升,也减轻城镇化对生态环境破坏的作用力度,成为缓解生态环境压力的必然选择。

5 结 论

本研究以西北干旱区绿洲张掖市为研究对象,在构建新型城镇化与生态安全系统指标体系的基础上,运用熵权法估算其权重,分析张掖市 2005—2017 年新型城镇化与生态安全系统耦合协调发展关系,根据不同阶段的反馈效用表现,清晰地描述了 13 a 间系统由低水平耦合协调——拮抗时期——磨合阶段——高水平耦合的变化过程。结果表明:(1)张掖市新型城镇化发展水平从 2005 年到 2017 年基本保持稳步上升的态势,综合指数由 0.028 上升为 0.928;而生态安全综合水平尽管总趋势是向好发展,但从时间序列上却呈现出明显的波动,特别是 2011 年降至最低 0.397,在此出现拐点后,2011—2017 基本保持了逐步上升的趋势。(2)张掖市新型城镇化与生态安全的耦合协调度由 2005 年的 0.457 上升到 2012 年的 1.000,其后一直保持在大于 0.9 的耦合协调度极高的水平。

综上所述,根据不同阶段的系统耦合情况,可以看出在城镇化水平较低时,张掖市环境污染的程度较轻;随着城镇化进程的快速发展,生态环境的污染程度逐步恶化,负反馈作用愈加明显;但随着可持续发展与循环经济战略的实施,统筹城乡生态环境保护,逐步加大治理力度,正反馈效用释放,张掖市新型城镇化与生态安全之间的耦合发展水平逐步提高。系统内两者相互更迭交错上升,耦合协调程度总体上呈现出逐渐增强的态势。目前,张掖市新型城镇化与生态安全的耦合发展仍处于新型城镇化发展强于生态安全的态势,日后必须在大力推进新型城镇化的基础上进一步加强保护生态环境和治理,形成良性互动,这样才能不断促进张掖市城市化与生态安全的协调发展。

6 讨 论

(1) 加快城市经济建设,建设生态城市。在本文给出的城镇化指标体系中,经济城镇化代表了地区经济规模与经济发展的程度。据统计资料显示,2008 年之前张掖经济城镇化水平长期低于人口、社会与空间城镇化水平,以 2008 年为界,2008 之后的张掖经济城镇化水平开始呈现出急速上升的态势,到了 2009 年经济城镇化水平和人口城镇化水平、空间城镇化基本持平。2012 年至今,张掖经济城镇化水平均明显高于人口、社会、空间三个子系统的城镇化水平,比较这三项指标说明该地区近些年来社会发展的主要驱动力是经济。因此,增加生态环境建设的经济投入就是必然选择。一方面,能够促进经济建设的发展;另一方面,为生态建设提供保障。只有加快张掖的城市经济建设,以强有力的经济条件带动张掖的生态城市建设,为其提供资金支持,才使我们的生态城市建设成为可能。

(2) 加强生态环境治理,营建优美城市。由上文分析可以看出,张掖市生态环境的压力是不断增加的。由最初的 2005 年的 0.053 发展到 2017 年的 0.350,2005—2017 年这 13 a 间生态环境压力出现了发展的“V”形谷,2015 年之后又出现了大幅度急剧上升的状态。说明在张掖生态安全系统中,生态环境压力是巨大的,相较于其他因子这一因子是生态安全的主要影响因子。由于张掖位于中国西北干旱区内陆,受自然人文等因素的影响,工业起步晚,科技水平较为落后,工业“三

废”衍生物处置率和综合利用率都很低,达不到先进国家和地区处理水平,对环境有明显的污染和破坏。因此针对工业固体废弃物及二氧化硫排放量的增加,要加强环境污染治理,加强监督管理,控制主要污染物排放,使主要治理指标,如工业三废综合利用的各项指标:工业三废排放达标率、污水和垃圾的处理率、工业用水重复率等都达到国家要求的标准,努力营建优美城市,避免“先发展,后治理”模式的重演。

(3)改善人居生态环境,建立以人为本的社会体系。鉴于目前张掖市社会城镇化水平低于经济城镇化水平的现状,张掖市应该以满足居民的舒适度,为人类提供方便,体现以人为本、人与自然相互协调发展。加强对人口控制、环境保护和资源利用的整体规划,做到未雨绸缪,增强社会资源对经济发展的支撑能力;走绿色发展之路,改变高污染、高消耗、不可持续的生活与生产方式,坚持生态立市,加快形成有利于节约资源、保护环境的社会消费结构和绿色的生活生产方式,建设生态文明城市,促进张掖市可持续健康发展。

(4)加强水资源保护,建设节水型生态城市。2017 年张掖市的用水总量由 2005 年的 1.27×10^6 t 上升到 2.33×10^6 t,其中工业污水排放量扩大急需张掖市加强城镇区域水资源的规划和管理,强化统一调度,在供给方面则协调各项竞争性用水,使城镇水资源得到优化配置,特别是要协调好生活、生产与生态用水之间的关系[23];以防、治并举,以防为主,由末端治理为主并转向全过程监管控制、开展清洁生产,源头控制和末端治理相结合,集中治理和分散治理相结合,多措并举保护水资源。加强水环境保护方面的制度建设,坚持谁污染、谁付费的原则,加强城镇水污染防治;积极引进和推广节水新技术,推进水资源全面节约和循环利用,建设节水型生态城市。

(5)加大宣传教育力度,唤醒公众法律意识。贯彻落实祁连山生态保护修复工程规划,树立城市可持续发展观,坚持人与自然和谐共生的生态文明观,找到城镇建设和经济发展的平衡点,科学论证,妥善处理人口、资源、生态环境与发展的协调关系[24];在城市建设发展过程中,充分利用网络和新媒体等宣传媒介大力宣传相关政策与法律法规,唤醒公众的法律意识,严格落实相关法律法规和政策,正确处理城镇化与生态环境治理的关系。

参考文献(References)

[1] 黄金川,方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J]. 地理研究,2003,22(2):211－220. [HUANG Jinchuan, FANG Chuanglin. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment[J]. Geographical Research,2003,22(2):211－220.]

[2] 陈晓红,万鲁河. 城市化与生态环境耦合的脆弱性与协调性作用机制研究[J]. 地理科学 2013,33(12):1450－1457. [CHEN Xiaohong, WAN Luhe. The interactive mechanisms for the coordination and vulnerability between regional ur-ban and eco-environment[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(12): 1450－1457.]

[3] IPCC. Climate change[M]. New York: Canbridge University Press,2007.

[4] 张胜武,石培基,王祖静. 干旱区内陆河流域城镇化与水资源环境系统耦合分析[J]. 经济地理,2012,3(8):142－148. [ZHANG Shengwu, SHI Peiji, WANG Zujing. Analysis of coupling between urbanization and water resource and environment of inland river basin in arid region: A case study of Shiyang River Basin[J]. Economic Geography,2012,3(8):142－148.]

[5] 郑德凤,臧正,张雨,等. 基于新型城镇化视角的区域 PRED 系统综合评价:以大连为例[J]. 地理科学进展,2014,33(3):364－374. [ZHENG Defeng, ZANG Zheng, ZHANG Yu, et al. Comprehensive assessment of regional PRED system based on new urbanization approach: A case study in Dalian[J]. Progress in Geography,2014,33(3):364－374.]

[6] 马世骏,王如松. 社会—经济—自然复合生态系统[J]. 生态学报,1984,4(1): 1－9. [MA Shijun, WANG Rusong. The social-economic-natural complex ecosystem[J]. Acta Ecologica Sinica, 1984,4(1):1－9.]

[7] RIGNOT E, KANAGARATNAM P. Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet[J]. Science,2006,311(5763): 986－990.

[8] BARTLETT R V. Protecting the ozone layer: Science and strategy [J]. Journal of Politics,2010, 67(1): 285－286.

[9] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域:开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,(1):3－10. [QIAN Xuesen, YU Jingyuan, DAI Ruwei. A new discipline of science: The study of open complex giant system and its methodology[J]. Chinese Journal of Nature,1990,(1): 3－10.]

[10] 杨珽,唐志强. 新型城镇化建设与城镇居民生活满意度的因子分析[J]. 生产力研究,2016,(8):67－69. [YANG Ting, TANG Zhiqiang. Factor analysis of new urbanization construction and urban residents life satisfaction[J]. Productivity Study, 2016,(8): 67－69.]

[11] 岳立,于翠,高新才. 基于区域的城市生态承载力评价与分

析——以张掖市及张掖市甘州区为例[J]. 干旱区资源与环境. 2011,25(4):28 - 32. [YUE Li, YU Cui, GAO Xincai. Regional ecological carrying capacity: Illustrated by the example of Zhangye and Ganzhou City in Zhangye [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment. 2011,25(4):28 - 32.]

[12] 党建华,瓦哈甫·哈力克,张玉萍,等. 吐鲁番地区人口—经济—生态耦合协调发展分析[J]. 中国沙漠. 2015,35(1):260 - 266. [DANG Jianhua, HALIK Wahap, ZHANG Yuping, et al. Coupling coordinated development of population, economic and ecological system in the turpan area of China [J]. Journal of Desert Research, 2015,35(1):260 - 266.]

[13] 满强. 长春市城市化与生态环境协调发展研究[D]. 长春:东北师范大学,2007. [MAN Qiang. Research on the coordinated development of urbanization and ecological environment in Changchun[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2007.]

[14] 石贵琴,唐志强,郭玉梅. 基于熵权法的张掖市生态城市建设评价[J]. 河西学院学报,2014,30(5):1 - 9. [SHI Guiqin, TANG Zhiqiang, GUO Yumei. Evaluation of ecological city construction in Zhangye City based on entropy method[J]. Journal of the HeXi Univesity, 2014,30(5):1 - 9.]

[15] 张秀红. 哈尔滨市生态城市建设现状评价与分析[J]. 绥化学院学报,2007,(1):15 - 18. [ZHANG Xiuhong. Evaluation and analysis of the status quo of ecological city construction in Harbin [J]. Journal of SuiHua University, 2007,(1):15 - 18.]

[16] 党建华,瓦哈甫·哈力克,张玉萍,等. 吐鲁番地区人口 - 经济 - 生态耦合协调发展分析[J]. 地球科学进展. 2014,29(3):420 - 428. [DANG Jianhua, WAHAFU, ZHANG Yuping, et al. Turpan region population-economic-ecological coupling development analysis [J]. Geoscience Advances. 2014, 29(3):420 - 428.]

[17] 刘耀彬,陈斐,李仁东. 区域城市化与生态环境耦合发展模拟及调控策略——以江苏省为例[J]. 地理研究,2007,26(1):187 - 195. [LIU Yaobin, CHEN Fei, LI Rendong. Regional urbanization and ecological environment coupling development simulation and regulation strategy: Take Jiangsu Province as an example[J]. Geography Study, 2007,26(1):187 - 195.]

[18] 唐志强. 河西走廊城镇化进程中的资源环境压力定量测评研究[J]. 干旱区地理,2017,40(4):860 - 865. [TANG Zhiqiang. Quantitative evaluation of resource environmental stress in the urbanization process of Hexi Corridor [J]. Arid Land Geography, 2017,40(4):860 - 865.]

[19] 蔡振饶,李玉红,李旭东. 贵阳市城市化与生态环境耦合研究[J]. 生态科学,2017,36(5):196 - 203. [CAI Zhenrao, LI yuhong, LI Xudong. Study on the coupling of urbanization and ecological environment in Guiyang City[J]. Ecological Science, 2017,36(5):196 - 203.]

[20] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报,2005,(11):211 - 217. [QIAO Biao, FANG Chuanglin. Dynamic coupling model of coordinated development between urbanization and ecological environment and its application in arid areas [J]. Journal of Ecology, 2005,(11):211 - 217.]

[21] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2):171 - 177. [LIAO Chongbin. Quntitaitve judgement and classification system for coordinated development of environment and economy: A case study of the city group in the Pearl River Delta[J]. Tropical Geography, 1999,19(2):171 - 177.]

[22] 唐志强. 基于离散系数协调度的河西走廊城镇化与资源环境关系评价[J]. 北方经济,2017,32(1):75 - 77. [TANG Zhiqiang. Evaluation of the relationship between urbanization and resources and environment of Hexi Corridor based on the coordination degree of dispersion coefficient[J]. Northern Economy, 2017, 32(1):75 - 77.]

[23] 侯培,李超,杨庆媛. 重庆市近 12 a 城镇化与生态环境协调发展评析[J]. 水土保持研究,2015,22(5):240 - 252. [HOU Pei, LI Chao, YANG Qingyuan. Analysis of the coordination degree between urbanization and Eco-environment of Chongqing City in recent 12 years[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(5):240 - 252.]

[24] 唐志强. 水资源约束下西北干旱区生态环境与城市化的响应关系研究——以张掖市为例[J]. 干旱区地理,2014,37(5):520 - 531. [TANG Zhiqiang. Interaction between urbanization and eco-environment in arid area of northwest China with constrained water resources: A case of Zhangye City [J]. Arid Land Geography, 2014,37(5):520 - 531.]

Coupling development of new type urbanization and ecological security in Zhangye City

TANG Zhi-qiang[1,2], QIN Na[1,2]

(1 *Fudan University-Gansu's Coordinated Development Research Institute of the Silk Road Economic Belt*, *Zhangye* 734000, *Gansu*, *China*;

2 *Hexi Corridor Research Center of Ecological Economy*, *Zhangye* 734000, *Gansu*, *China*)

Abstract: Considering the oasis city Zhangye, Gansu, Province, in the arid region of Northwest China, as the object of study, and constructing new types of urbanization and index systems of ecological environment, this research analyzes coordinated development between new types of urbanization and ecological environment. We used the case of Zhangye between 2005 and 2017 and employed the entropy research method to calculate weight values. According to the feedback at different stages, we were able to give detailed descriptions of changing processes in the system, for example, coupling coordination at low levels, antagonism periods, and running-in periods to high level coupling. Our results indicate that new types of urbanization developed steadily in Zhangye between 2005 and 2017. Although comprehensive development of the ecological environment presents a better trend on the whole, it shows fluctuations in time alignment, decreasing to its lowest point (0.397) in 2011, before maintaining a steady rising trend from 2011 until 2017. These results also show that the degree of coupling between new types of urbanization and ecological security in Zhangye rose from 0.457 in 2005 to 1.000 in 2012. Thereafter, the degree of coupling coordination remained at a very high level above 0.9. The conclusions made by this study are as follows: according to the coupling calculated for the studied period, the degree of environmental pollution in Zhangye is shown to be comparatively smaller when urbanization develops at a slower speed. When urbanization develops more rapidly, the pollution of the ecological environment increases and negative feedbacks become more obvious. However, with the implementation of sustainable development and circular economy strategies, it is planned to improve urban and rural ecological environment protection and make more effort to manage the ecological environment in order to release positive feedbacks. Towards this goal, the coupling between new types of urbanization and the ecological environment in Zhangye is able to develop step by step. New types of urbanization and ecological environment change and develop alternatively, such that the coupling coordination presents a general trend of gradual strengthening. At present, the trend for coupling the development of new types of urbanization and ecological security in Zhangye is such that new urbanization develops more prominently than the ecological environment. Therefore, in order to promote a better interaction, it is essential to strengthen the protection and management of ecological environment when advancing new urbanization. It is therefore necessary to constantly regulate the coordinated development of new types of urbanization alongside the ecological environment.

Key words: new urbanization; ecological security; coupling coordination; Zhangye